

Evaluación del desempeño térmico de edificios hospitalarios en clima templado. Caso de estudio en Buenos Aires

Thermal performance assessment of hospital buildings in temperate climate. Case study in Buenos Aires

Basualdo David Ezequiel³²

Laboratorio de Arquitectura y Hábitat Sustentable – LAYHS
dbasualdo@fau.unlp.edu.ar

Resumen

El presente trabajo forma parte de una investigación más amplia sobre la evaluación del desempeño térmico-energético de diferentes tipologías de edificios hospitalarios en clima templado.

Se presenta un estudio sobre el comportamiento térmico invernal de dos habitaciones de internación del Hospital Descentralizado Zonal General "Mariano y Luciano de la Vega". Este hospital forma parte de una muestra representativa de hospitales públicos situados en la Provincia de Buenos Aires, determinada a partir de la clasificación tipológica de una población de 79 hospitales.

Los resultados mostraron oscilaciones en la temperatura interior en correspondencia con las variaciones climáticas exteriores, alcanzando valores por encima del rango de confort en los días más cálidos; mientras que en los días más fríos la temperatura interior descendió, pero se mantuvo por encima del límite inferior de confort. Por otra parte, la clasificación tipológica reveló que la tipología Pabellonal ha sido la más recurrente en dicho ámbito.

Palabras Claves: eficiencia energética; confort térmico; edificios hospitalarios.

Abstract

This work is part of a broader research on the evaluation of thermal-energy performance of different types of hospital buildings in temperate climate.

A study on the winter thermal behavior of two hospitalization rooms of the Zonal General Decentralized Hospital "Mariano and Luciano de la Vega" is presented. This hospital is part of a representative sample of public hospitals located in the Province of Buenos Aires, determined from the typological classification of a population of 79 hospitals.

The results showed oscillations in the interior temperature in correspondence with the external climatic variations, reaching values above the comfort range on the warmest days;

³²**David E. Basualdo.** Arquitecto. Especialista en Arquitectura y Hábitat Sustentable, egresado de la FAU-UNLP y Becario Doctoral Conicet. Integrante del equipo de investigación del LAYHS-FAU-UNLP, desarrollando investigaciones vinculadas a la eficiencia energética y el diseño ambientalmente consciente en edificios para la salud.

while on colder days the indoor temperature dropped, but remained above the lower limit of thermal comfort. On the other hand, the typological classification revealed that the Pavilion type has been the most recurrent in this area.

Keywords: energy efficiency; thermal comfort; hospitals buildings.

Introducción

La constante tendencia de aumento en el consumo energético mundial es reconocida como la principal causa de las emisiones de CO₂ y efectos asociados al Cambio Climático. Esto ha despertado preocupación debido a las dificultades de suministro y escasos recursos energéticos proveniente de fuentes no renovables (IPCC, 2014).

Se estima que la construcción y operación de edificios es responsable del 40% del uso total de energía en el mundo y 30% de las emisiones de dióxido de carbono (CO₂), entre otras variables ambientales (Costa, Keane, Torrens, & Corry, 2013).

De entre todos los usos a que se destina la energía en los edificios, la utilizada para calefacción y refrigeración es considerada la mayor contribución a los efectos del Cambio Climático. Se estima que los sistemas de Acondicionamiento Térmico y Ventilación representan el 50% del consumo energético en edificios (Pérez-Lombard, Ortiz, & Pout, 2008).

Es evidente que la demanda de condiciones de confort térmico constituye una prioridad. Estudios acerca de las condiciones ambientales interiores en edificios muestran que el confort térmico es considerado por los ocupantes como el factor más importante en comparación con las visuales, el confort acústico y la calidad del aire interior (Frontczak & Wargocki, 2011), disminuye la frecuencia de accidentes y mejora la productividad de los trabajadores.

En este contexto, el requerimiento de confort térmico en Hospitales es de vital importancia ya que los pacientes son más sensibles a los factores ambientales que las personas saludables debido a su frágil condición y enfermedades (Lenzuni, Freda, & Del Gaudio, 2009). En las salas de hospitales, la calidad del aire tiene que ser mejor que otros edificios debido al mayor riesgo de infecciones. A menudo los pacientes tienen una tasa metabólica menor que el personal, debido al hecho de que los pacientes están confinados a la cama, y por lo tanto necesitan una mayor temperatura operativa. De igual manera, el metabolismo de los pacientes también puede verse afectado por los medicamentos (Parsons, 2002).

Según (Hill, Webb, & Parsons, 2000) las personas con discapacidades físicas tienen una oportunidad de adaptación restringida y se debe prestar especial atención a este grupo de usuarios, especialmente en condiciones alejadas de la neutralidad térmica, ya que las condiciones incómodas afectan a los pacientes tanto física como mentalmente. En este mismo sentido (Parsons, 2002) afirma que los pacientes pueden tener movilidad restringida y la capacidad de termorregularse comportándose de manera apropiada (por ejemplo, salir del entorno no cómodo o ajustar la ropa) puede ser severamente restringida.

Por lo tanto al diseñar para un ambiente interior confortable se debe evaluar su capacidad de adaptación.

Sumado a esto, algunos estudios incluso indican que condiciones climáticas interiores adecuadas no solo son importantes para el confort térmico sino también para lograr los objetivos de las instituciones de salud ya que pueden acortar el tiempo de estancia de los pacientes en el hospital (Azizpour, Moghimi, Lim, Mat, Zaharim, & Sopian, 2011).

Objetivos

Los objetivos de este estudio han sido:

1. Seleccionar una muestra de edificios hospitalarios construidos cuyas características tipológicas y constructivas fueran representativas del universo de análisis conformado por el Recurso Físico en Salud del sistema de salud pública del Estado, centrando el estudio en zonas de clima templado de Argentina (Buenos Aires).
2. Caracterizar un edificio de la muestra seleccionada a partir de variables de diseño (geometría, características constructivas, sistemas de climatización, etc.).
3. Evaluar el desempeño térmico del edificio previamente caracterizado, a partir de trabajos de monitorización de las condiciones ambientales de confort térmico interior.

Metodología

En primer lugar se realizó una caracterización de la población de edificios hospitalarios que componen el Recurso Físico en Salud de la Provincia de Buenos Aires (79 hospitales) a partir del análisis de las principales características morfológicas y constructivas. Se realizó, además, una clasificación tipológica de dichos edificios con base en una revisión de criterios de clasificación propuestos en investigaciones previas (W Paul James & Williams Tatton-Brown, 1986) y (Czajkowski&Rosenfeld, 1993).

A partir de esta clasificación tipológica, se seleccionó una muestra de edificios hospitalarios que incluyera los "tipos" recurrentes y/o representativos de la red de hospitales del Recurso Físico en Salud de la Provincia de Buenos Aires, Argentina.

Posteriormente se escogió un edificio de la muestra seleccionada y se determinó un conjunto de variables de diseño relativas a: la envolvente edilicia, propiedades termofísicas de los materiales constructivos, forma del edificio, orientación, agrupamiento de espacios, etc..

Finalmente se realizó una evaluación del comportamiento térmico invernal de dos habitaciones de internación del edificio escogido anteriormente, basada en tareas de monitorización de las condiciones ambientales de confort térmico interior.

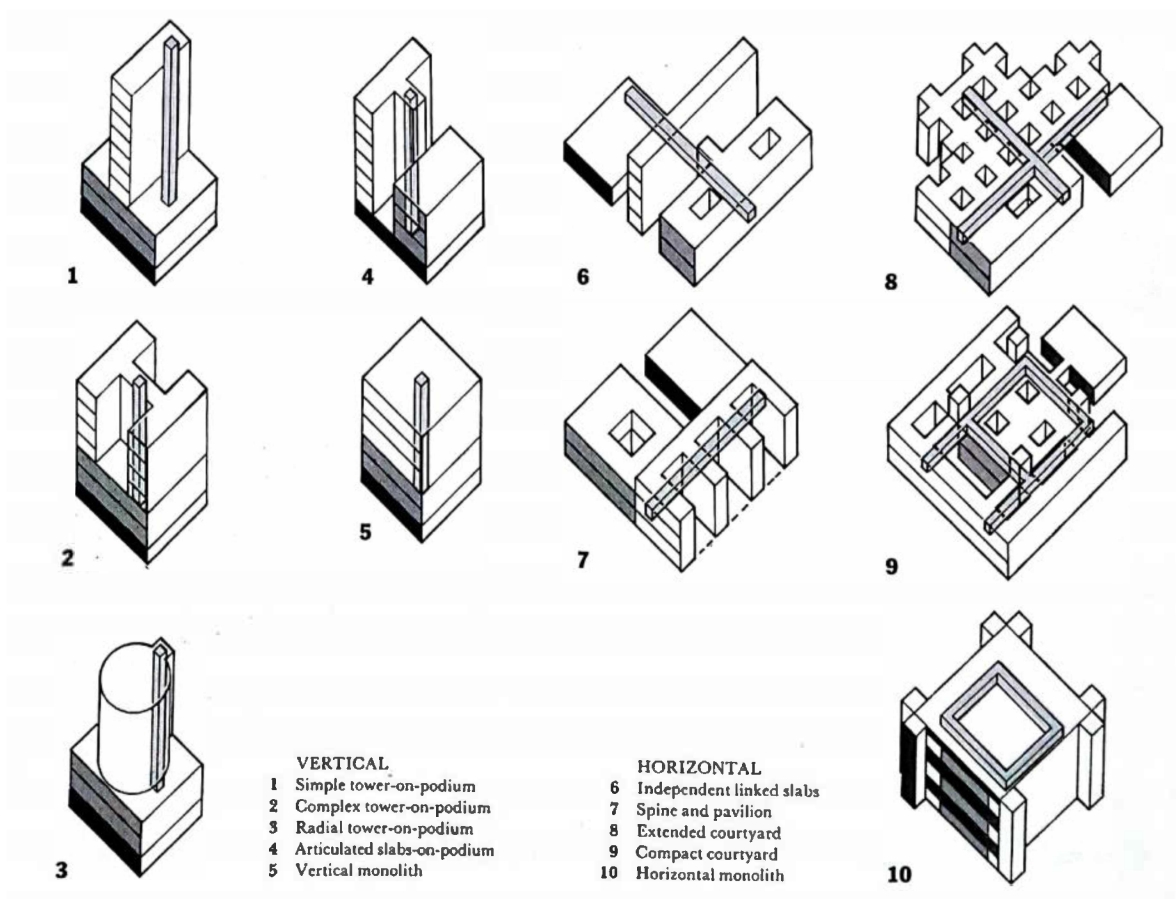
Resultados

Caracterización tipológica de los edificios hospitalarios provinciales

La revisión del criterio de clasificación tipológica propuesto por James & Tatton-Brown en 1986 y del propuesto por Czajkowski & Rosenfeld en 1993, permitió establecer un criterio común para la clasificación de la población de hospitales en estudio.

Según James & Tatton-Brown (1986) los edificios hospitalarios pueden ser clasificados en 10 tipologías, organizadas en dos categorías (Figura 1):

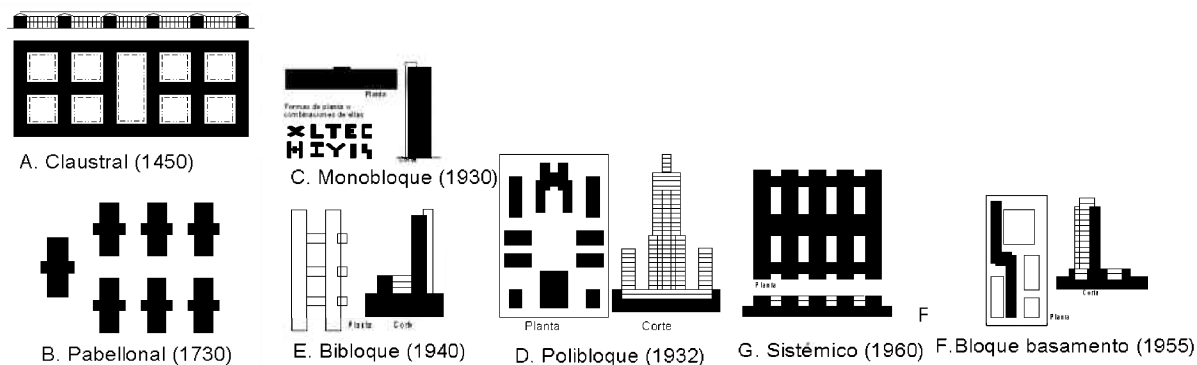
Figura 1. Clasificación tipológica de los edificios hospitalarios



Fuente: W. Paul James & W. Tatton-Brown (1986). Hospitals: Design and Development

Por otra parte, según Czajkowski & Rosenfeld (1993) los edificios hospitalarios pueden clasificarse en tres tipologías principales y varios modelos derivados de estas (Figura 2).

Figura 2: Clasificación tipológica de los edificios hospitalarios



Fuente: Czajkowski&Rosenfeld (1993). Evolución de los edificios hospitalarios: Aproximación a una visión tipológica

En la Tabla 1 se muestra la unificación de ambos criterios estableciendo correspondencia entre las diversas tipologías y/o modelos.

Tabla 1. Correspondencia entre los criterios de clasificación

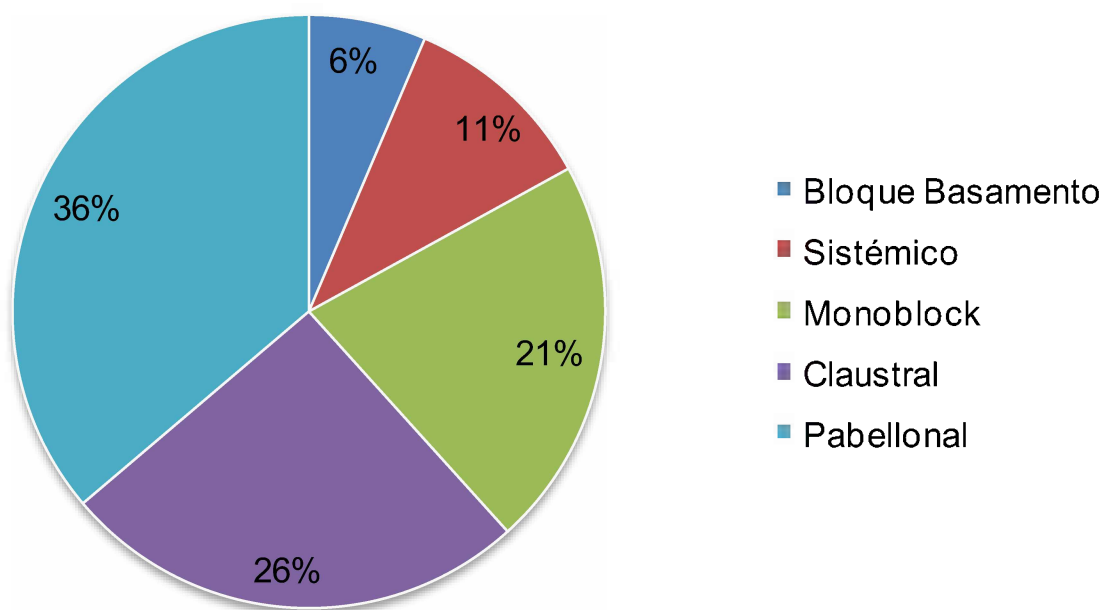
W. Paul James & W. Tatton-Brown	Czajkowski&Rosenfeld
VERTICALES	MONOBLOQUE
1) Torre simple sobre podio	
2) Torre compleja sobre podio	6) Polibloque
3) Torre radial sobre podio	7) Bloque Coligado
4) Bloques articulados sobre podio	8) Bloque basamento
5) Monolito vertical	
10) Monolito horizontal	
HORIZONTALES	PABELLONAL
	1) Ligado por circulaciones abiertas
6) Bloques independientes vinculados	2) Ligado por circulaciones semicubiertas
7) Columna vertebral y pabellón	3) Ligado por circulaciones semicubiertas-coligado
	4) Ligado por circulaciones cubiertas
	5) Ligado por circulaciones subterráneas
8) Extendido a patios	9) Sistémico
9) Compacto a patios	CLAUSTRAL

Fuente: elaboración propia

Finalmente, de 79 edificios hospitalarios que componen el Recurso Físico en Salud de la Provincia de Buenos Aires, aproximadamente el 50% de ellos corresponde a alguno de los tipos edilicios sugeridos por Czajkowski&Rosenfeld (1993). El 50% restante presenta configuraciones espaciales alteradas por sucesivas transformaciones a través de los años, producto del crecimiento de los servicios dentro de la parcela, entre otros factores.

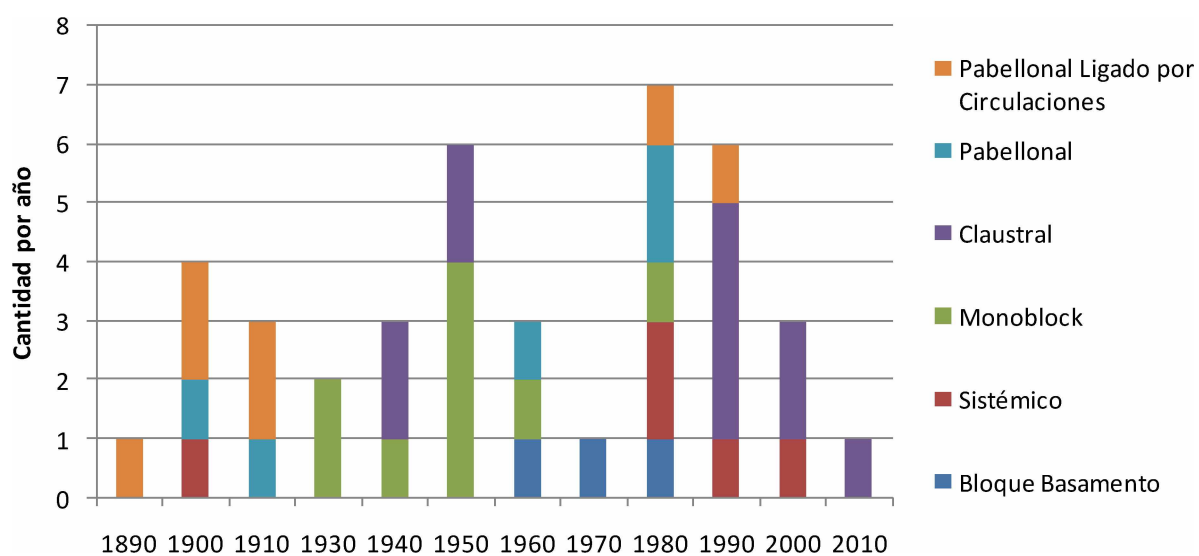
En las figuras 3 y 4 se muestran los resultados de la caracterización de los hospitales provinciales en función del porcentaje de edificios según tipología y la cantidad de edificios por año y por tipología, desde el año 1890 hasta el 2010.

Figura 3. Porcentaje de edificios según tipología



Fuente: elaboración propia

Figura 4. Cantidad de edificios por año y tipología



Fuente: elaboración propia

Selección de la muestra de estudio

La muestra quedó conformada por 3 (tres) edificios hospitalarios (Tabla 2). Uno de tipología Sistémica, uno tipo Bloque Basamento y por último uno de tipología Pabellonal. Este último de dependencia nacional pero ubicado en provincia de Bs.As.

Tabla 2. Muestra de edificios seleccionada

Hospital	Localidad	Tipo	Camas	(m ²)	Año
Htal. Interzonal General de Agudos	La Plata - Bs. As.	Bloque Basamento	160	9.000	1961

"San Roque"

Htal. General Zonal "Mariano y Luciano De La Vega"	Moreno - Bs. As.	Sistémico	180	10.900	1996
Htal. de Alta Complejidad en Red "El Cruce"	F. Valera - Bs. As.	Pabellonal	130	20.500	2007

Fuente: elaboración propia

La elección de estos edificios permite un análisis de la arquitectura hospitalaria de clima templado de la Provincia de Buenos Aires, abarcando diferentes tipos edilicios, períodos históricos y sistemas constructivos.

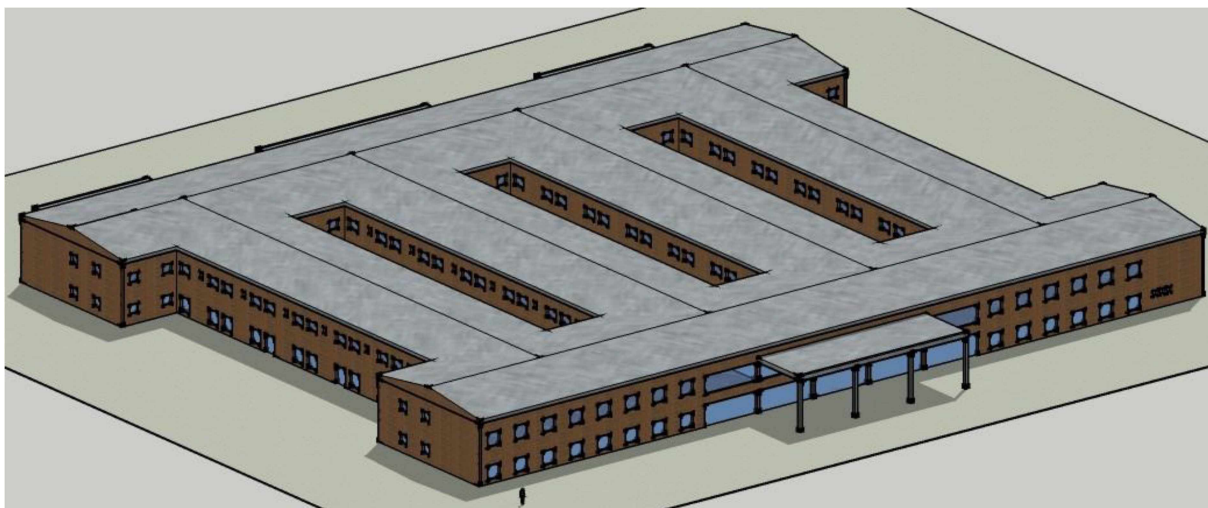
De esta muestra de edificios se seleccionó al Hospital General Zonal "Mariano y Luciano de la Vega", como caso de estudio para este trabajo, correspondiente a uno de los "tipos" recurrentes y/o representativos.

Caso de estudio

El Hospital Descentralizado Zonal General "Mariano y Luciano de la Vega" integra la red de hospitales públicos del sistema de salud de la provincia de Bs. As. y se encuentra ubicado en el Partido de Moreno, a 36Km al Oeste de la Ciudad de Buenos Aires.

Este edificio, inaugurado en el año 1996, tiene una superficie cubierta útil total de aproximadamente 10.931,5 m² distribuidos en planta baja y un piso.

Figura 5. Perspectiva axonométrica del Hospital Mariano y Luciano De La Vega.



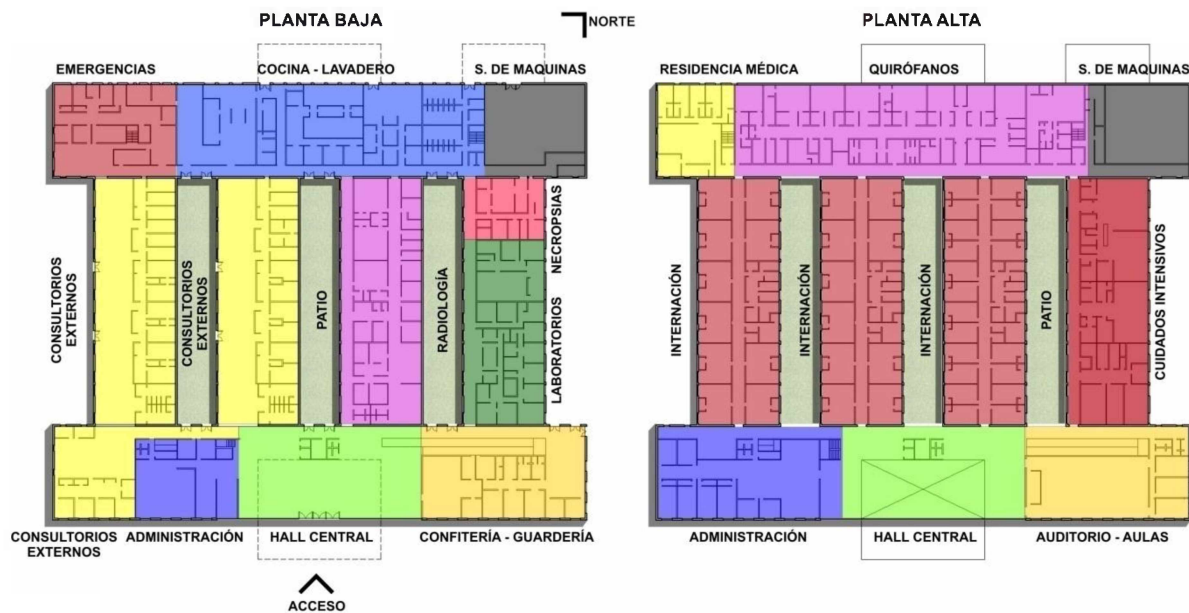
Fuente: elaboración propia

Su diseño arquitectónico responde a un esquema de organización del tipo "sistémico", el cual surge en la década de 1960 y ha tenido un gran efecto en proyectos hospitalarios de la década de 1970, en Argentina. Basado en un concepto de programa arquitectónico abierto, responde a las necesidades de flexibilidad de planta y crecimiento (Czajkowski&Rosenfeld, 1993).

El establecimiento presenta una capacidad de 180 camas distribuidas en aproximadamente 40 habitaciones de internación. Las características tipológicas de estas habitaciones varían

en función de la cantidad de camas que alberga, el nivel de complejidad y/o tipo de tratamiento médico y su ubicación en el edificio (figura 5 y 6).

Figura 6. Esquema de usos del edificio



Fuente: elaboración propia

Clima.

El hospital se encuentra ubicado en la denominada Zona Bioambiental III la Templada Cálida (IRAM 11603, 2012), caracterizada por presentar inviernos con valores medios de temperatura comprendidos entre 8°C y 12°C, valores mínimos que rara vez son menores a 0°C, y amplitudes térmicas mayores a 14°C.

Características de la envolvente.

El edificio posee características constructivas similares en todas las plantas y orientaciones. Las paredes exteriores están conformadas por pared doble de 30cm de espesor con cámara de aire, conformada por pared de ladrillo hueco en el interior y ladrillo común (macizo) a la vista en el exterior. La cubierta es de tipo inclinada, de chapa y con cielloraso suspendido formando un ático no accesible. Las carpinterías son de marco de aluminio, vidrio simple y con parasoles horizontales de aluminio en todas las orientaciones, excepto las del hall de acceso.

Instalaciones Térmicas.

El Hospital posee un sistema de acondicionamiento térmico de tipo calefacción central por aire caliente y distribución por conductos a todos los locales del edificio.

Variables de diseño. Características morfológicas y espaciales del edificio.

Se determinaron variables de diseño relativos a: la envolvente edilicia, propiedades térmofísicas de los materiales constructivos, forma del edificio, orientación, agrupamiento de espacios, etc. En las Tabla 3 y 4 se indican las características formales, dimensionales y termofísicas del edificio, complementariamente en la Figura 7 se indica la proporción espacial de los diferentes usos del hospital.

Tabla 3. Características formales y dimensionales del edificio

Perímetro (m)	Área útil (m ²)	Altura útil (m) por planta	Volumen (m ³)	Envolvente (m ²)		Transmitancia (W/m ² °C)		Térmica G (W/m ³ °C)		
				Vertical	Techo	Pared	Techo	Piso	Vent.	
687	10.931,5	2,60	29.561,8	Opaca	Vidrio	1,26	1,20	1,38	5,86	2,28
				2.833,2	739,2	5.685	9.257,4			

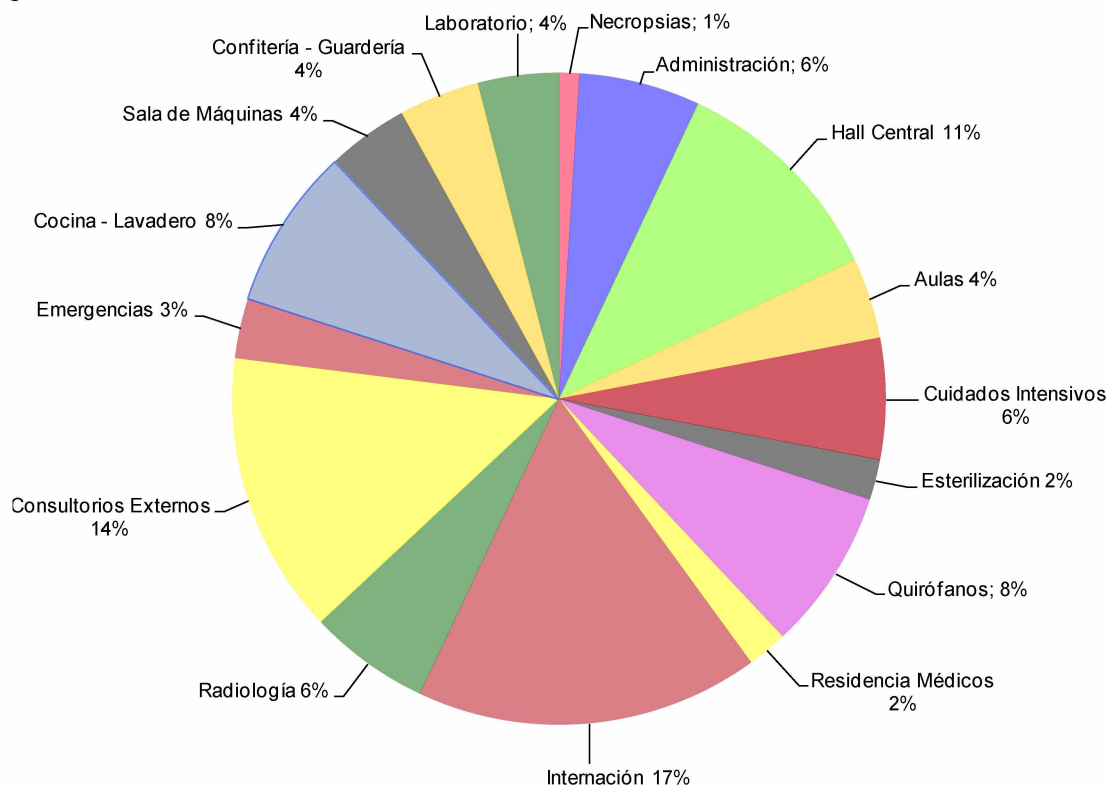
Fuente: elaboración propia

Tabla 4. Propiedades térmicas de los componentes de la envolvente edilicia

Componente	Transmitancia K (W/m ² C)	Transmitancia Admisible Kadm (W/m ² C)	Diferencia K dif. (%)
Pared exterior doble c/ cámara de aire	1,26	0,89	- 41,6
Cubierta inclinada de chapa c/ ático	1,20	0,73	- 64,4
Ventana de aluminio y vidrio simple c/ parasol	5,86	-	-

Fuente: elaboración propia en base a normas IRAM 11601, 11603 y 11605.

Figura 2. Distribución de usos del edificio



Fuente: elaboración propia

Las características térmicas de los distintos elementos componentes de la envolvente del edificio fueron determinadas mediante los métodos de cálculo de la resistencia térmica total

y propiedades térmicas de materiales de construcción, establecidos en la norma IRAM 11601, (2002).

Los valores de transmitancia térmica de muros y techos calculados del edificio fueron verificados con los valores máximos admisibles establecidos por norma IRAM 11605 (1996) para el nivel B de confort higrotérmico. Este último exigido por la Ley 13.059 de la Provincia de Buenos Aires de Acondicionamiento Térmico de Edificios.

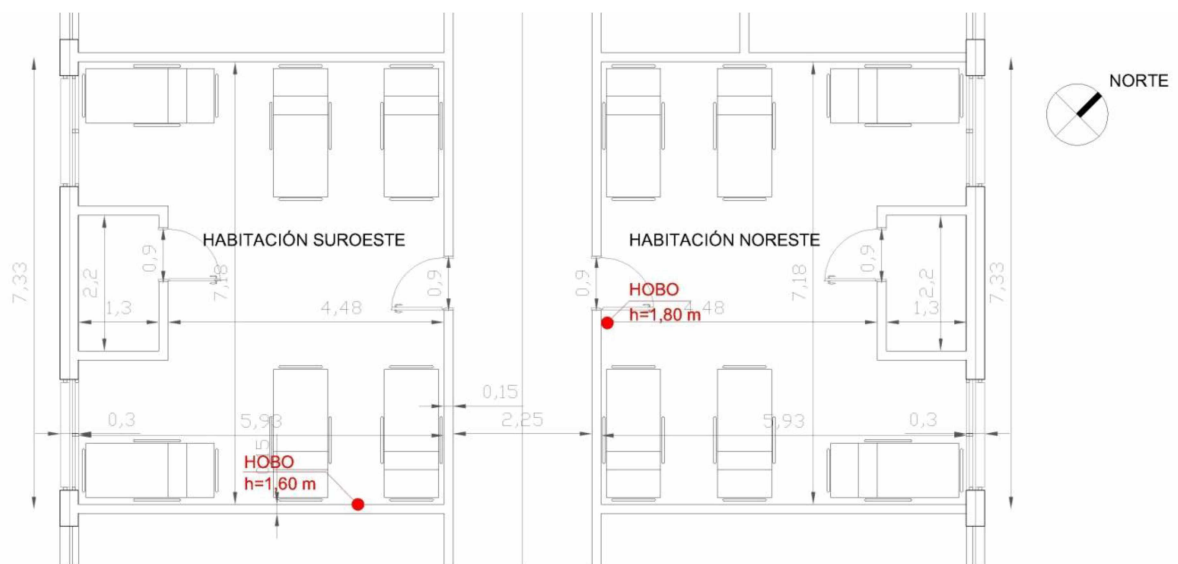
Los valores máximos admisibles correspondientes fueron calculados en base a datos climáticos de la estación Ezeiza (Aero), (Lat. -34,82; Long. -58,53; ASNM 20), obtenidos de norma IRAM 11603.

Evaluación del desempeño térmico.

La evaluación del desempeño térmico del caso de estudio se desarrolló sobre dos habitaciones de internación ubicadas en planta alta.

En la figura 8 y tabla 5 se observan las características morfológicas y dimensionales de los espacios monitoreados, así como la ubicación de los sensores en cada uno de ellos.

Figura 8. Planta de las habitaciones monitoreadas.



Fuente: elaboración propia

Tabla 5. características morfológicas y dimensionales de las habitaciones.

Habitación	Superficie útil (m ²)	Volumen (m ³)	Sup. Envoltente (m ²)	Envoltente expuesta al exterior		
				Total (m ²)	vidriada (m ²)	Relación vidriado-opaco
NE y SO	42,5	110,5	50,4	9,78	4	0,4

Fuente: elaboración propia

El alcance del monitoreo higrotérmico incluyó un total de cuatro habitaciones sin embargo este trabajo presenta resultados del estudio de dos de ellas, de características tipológicas similares pero diferente orientación (NE) y (SO).

El monitoreo higrotérmico del edificio se llevó a cabo durante 10 días continuos en agosto de 2018 y en condiciones normales de uso. Durante este período se registraron valores de Temperatura (°C) y Humedad Relativa (HR%), tanto en el interior como en el exterior del hospital.

Dicho período se extendió desde las 12hs del día 22 hasta las 23hs del día 31 de agosto.

Los valores de Temperatura (°C) y Humedad Relativa (HR%) registrados en el interior del hospital fueron obtenidos mediante Data Logger tipo HOBO U10-003, con un intervalo de medición de 10 minutos. Estos dispositivos presentan una exactitud de $\pm 0,53^{\circ}\text{C}$ en las mediciones de temperatura, y de $\pm 3.5\%$ en las de humedad relativa.

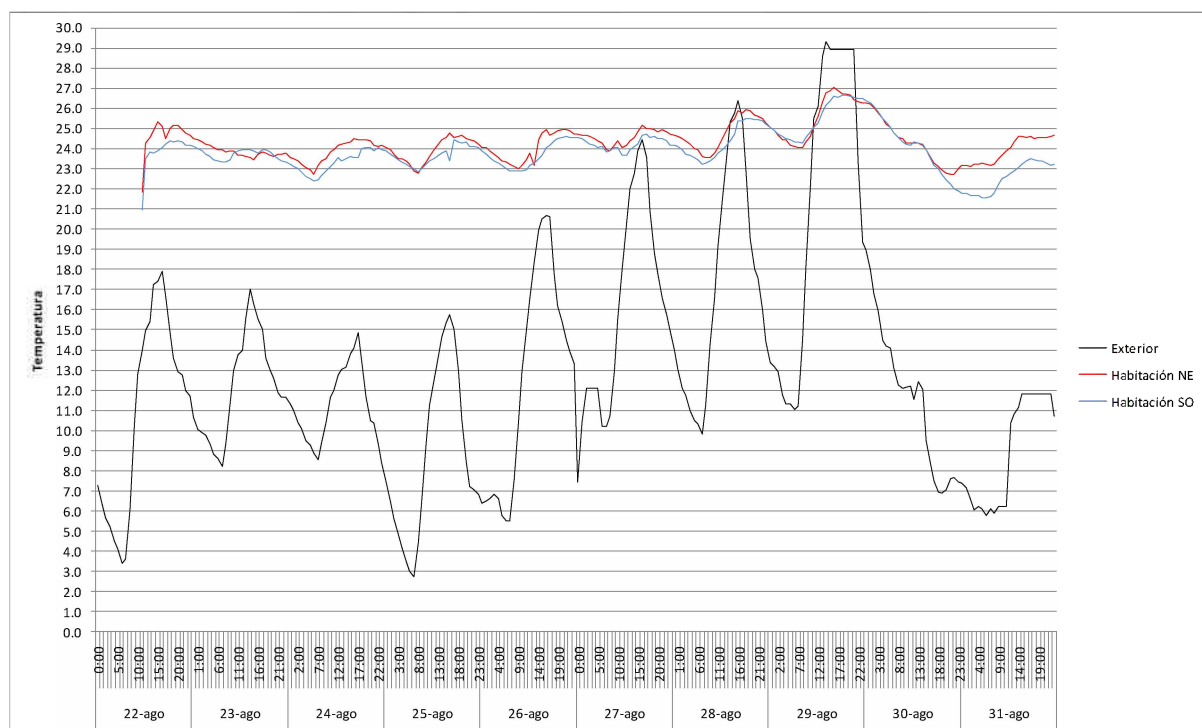
Los valores de Temperatura (°C) y Humedad Relativa (HR%) registrados en el exterior del hospital fueron suministrados por una estación meteorológica automática del tipo *fine offset*, localizada en las inmediaciones del hospital, disponibles a través del sitio *web Personal WeatherStations*.

Con los registros obtenidos, tanto en el interior como en el exterior del edificio, se calculó un valor promedio de Temperatura (°C) y Humedad Relativa (HR%) para cada hora del día.

La evaluación térmica se realizó a partir de la comparación de los valores de Temperatura (°C) y Humedad Relativa (HR%) registrados con los recomendados en el Standard 170 (ASHRAE, 2008): temperatura entre 21 y 24°C, humedad relativa máxima del 60%.

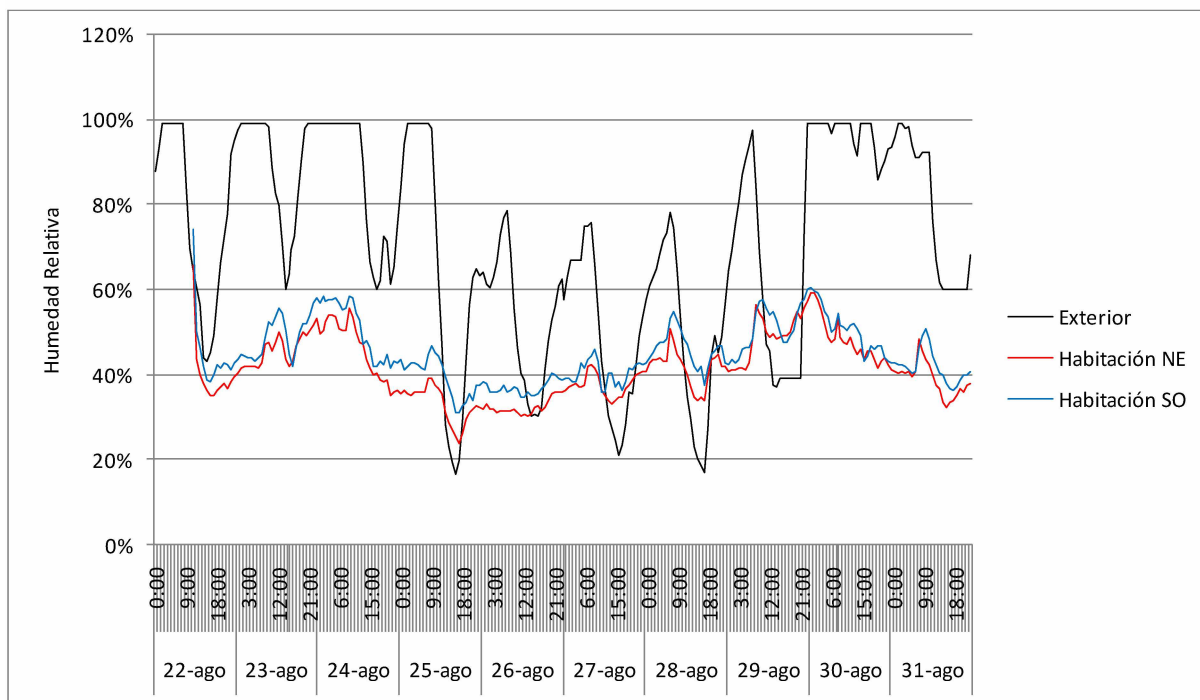
Las figuras 9 y 10 muestran la evolución de las temperaturas y humedad relativa registradas en las habitaciones, así como en el exterior, durante el período monitoreado.

Figura 9. Evolución de las temperaturas registradas.



Fuente: elaboración propia

Figura 10. Evolución de la humedad relativa registrada.



Fuente: elaboración propia

La temperatura media exterior registrada durante todo el período fue de 13,12°C. La temperatura máxima media fue de 20,14°C mientras que la mínima media fue de 6,05°C.

La humedad relativa media exterior fue del 71%, mientras que la interior fue del 41% y 45% en las habitaciones NE y SO respectivamente. La temperatura mínima exterior, de 1,2°C, se registró el día 27 de agosto entre las 00:00hs y las 01:00hs. La temperatura máxima exterior de 29,9°C se registró el día 29 de agosto entre las 14:00hs y 15:00hs.

Bajo estas condiciones ambientales exteriores, se registró una temperatura media interior de 24,32°C en la habitación NE y de 23,9°C en la habitación SO. La habitación SO registró una temperatura media 0,42°C por debajo de la registrada en la habitación NE.

Las temperaturas mínimas medias registradas en las habitaciones NE y SO fueron de 23,1°C y 22,7°C respectivamente. Las temperaturas máximas medias registradas fueron de 25,3°C en la habitación NE y de 24,8°C en la habitación SO.

La amplitud media de la temperatura exterior fue de 14,09°C, mientras que en el interior de las habitaciones fue de 2,2°C. Los valores más bajos de temperatura interior se registraron entre las 06:00hs y las 08:00hs, mientras que los valores más altos se registraron entre las 16hs y las 18hs, siempre en coincidencia el registro de las temperaturas mínimas y máximas exteriores.

El 29 de agosto fue el día que se registraron las temperaturas más altas, entre las 14hs y las 18hs. Durante ese intervalo, la temperatura máxima exterior fue de 29,3°C y las interiores fueron de entre 26,7°C y 27°C. El día con registro de las temperaturas más bajas fue el 5 de agosto, entre las 6hs y las 8hs. Durante ese intervalo la temperatura mínima exterior fue de 5,8°C y las interiores fueron de entre 21,6°C y 23,1°C.

La tabla 6 permite observar que siempre que la temperatura máxima exterior fue menor a 20°C las temperaturas máximas interiores se mantuvieron constantes en torno a los 25°C, mientras que cuando la temperatura máxima exterior superó los 20°C se produjo un incremento de hasta 2°C de las temperaturas máximas en el interior de las habitaciones.

Tabla 6. Temperaturas máximas diarias.

Temperaturas	Día									
	22-ago	23-ago	24-ago	25-ago	26-ago	27-ago	28-ago	29-ago	30-ago	31-ago
Máximas (°C)										
Exterior	17,9	17	14,9	15,8	20,7	24,5	26,4	29,3	18,9	11,8
Habitación NE	25,3	24,5	24,5	24,8	25	25,2	25,9	27	26,3	24,6
Habitación SO	24,4	24,1	24,1	24,4	24,6	24,7	25,2	26,7	26,4	23,5

Fuente: elaboración propia

De igual manera, la tabla 7 muestra que siempre que la temperatura mínima exterior estuvo por encima de los 10°C, la mínima interior se mantuvo en torno a los 24°C, mientras que cuando la temperatura mínima exterior fue inferior a los 10°C se produjo un descenso de hasta 2,5°C de las temperaturas mínimas en el interior de las habitaciones.

Tabla 7. Temperaturas mínimas diarias.

Temperaturas	Día									
	22-ago	23-ago	24-ago	25-ago	26-ago	27-ago	28-ago	29-ago	30-ago	31-ago
Mínimas (°C)										
Exterior	3,4	8,2	8,6	2,8	5,5	10,2	9,9	11,1	7,1	5,8
Habitación NE	21,9	23,5	22,7	22,8	23	23,9	23,6	24	22,7	23,1
Habitación SO	21	23,4	22,4	22,9	22,9	23,7	23,2	24,3	22	21,6

Fuente: elaboración propia

Conclusiones

Los criterios de clasificación tipológica adoptados presentaron concordancias entre sí, siendo posible la unificación de criterios como punto de partida para una caracterización tipológica de la población de hospitales en estudio. Dicha caracterización resultó parcialmente posible debido a que ciertos edificios hospitalarios presentaron alteraciones en su tipología original por causa de sucesivas modificaciones en el tiempo producto de su crecimiento o remodelaciones. Tales casos no pudieron ser asignados a una tipología específica y se excluyeron del análisis.

A partir de la clasificación tipológica de la población de hospitales públicos de la provincia de Buenos Aires fue posible cotejar la representatividad de la muestra seleccionada, siendo

de aproximadamente un 50%. Esto sugiere la incorporación de otros casos de estudio a la muestra para una mayor representatividad.

El análisis de la distribución de usos que conforman el edificio presentado indica que el área de Internación abarca la mayor ocupación del hospital y constituye un uso central en los edificios hospitalarios. Esto último afirma la decisión de los autores en profundizar la investigación sobre las habitaciones de internación como ámbito característico de los hospitales.

La evaluación del comportamiento térmico, a partir de los datos empíricos obtenidos del monitoreo higrotérmico, permitió comprobar que las temperaturas interiores en las habitaciones se encuentran la mayor parte del tiempo dentro del rango de confort térmico indicado en el Standard 170-2008 de ASHRAE. Sin embargo, cabe mencionar que las temperaturas medias máximas registradas en las habitaciones se encuentran aproximadamente 1°C por encima del límite recomendado, pudiendo significar un aspecto a considerar en relación al ahorro energético en calefacción del hospital.

Mientras las temperaturas exteriores se encontraban entre los 10°C y los 20°C las características termofísicas de la envolvente del edificio fueron suficientes para mantener la temperatura interior de las habitaciones entre los 23°C y los 25°C. Sin embargo, cuando las temperaturas exteriores ascendieron por sobre los 20°C y/o descendieron por debajo de los 10°C, las temperaturas interiores fueron desplazadas por fuera de los límites del rango de confort térmico hasta 2°C.

Esto último sugiere que mientras la temperatura de *set point* del sistema de climatización se mantiene constante durante los meses de invierno, se incrementa la demanda de energía térmica en aquellos días con temperaturas por debajo de los 10°C, debido a la insuficiente capacidad de la envolvente del edificio para aislarlo de las variaciones térmicas exteriores. Por otro lado en aquellos días con temperaturas por encima de los 20°C se produce un sobrecalentamiento de los espacios interiores, en mayor medida en aquellos con aberturas orientadas al NE.

Por otra parte, la habitación con orientación NE presentó un mejor desempeño térmico respecto a la habitación de orientación SO, con una temperatura media de 0,42°C por encima de esta última.

Es posible observar que en todos los casos se superan entre un 40% y 65% los valores máximos admisibles de transmitancia térmica de muros y techos exigidos por Ley 13059, para la provincia de Buenos Aires. El cumplimiento de tales valores podría ayudar al mejoramiento del comportamiento térmico interior de las habitaciones en los días más fríos.

Bibliografía

- ASHRAE. (2008). Standard 170. HVAC Design Manual for Hospitals and Clinics.
- Azizpour, F., Moghimi, S., Lim, C., Mat, S., Zaharim, A., & Sopian, K. (2011). Thermal comfort assessment in large scale hospital: case study in Malaysia. 4th WSEAS international conference on recent researches in geography geology, energy, environment and biomedicine, (págs. 171–174). Corfu Island, Greece.

- Costa, Andrea, Keane, Marcus M., Torrens, J. Ignacio, Corry, Edward. (2013). "Building operation and energy performance: Monitoring, analysis and optimisation toolkit," *Applied Energy*, Elsevier, vol. 101(C), pp. 310-316.
- Czajkowski, J. D., & Rosenfeld, E. (1993). Evolución de los edificios hospitalarios: Aproximación a una visión tipológica. IV Congreso Latinoamericano y 7º Jornadas Interdisciplinarias de la Asociación Argentina de Arquitectura e Ingeniería Hospitalaria. Buenos Aires.
- Frontczak, M. J., & Wargocki, P. (2011). Literature survey on how different factors influence human comfort in indoor environments. *Building and Environment*, 46(4), pp. 922-937.
- Hill, L. D., Webb, L. H., & Parsons, K. C. (2000). Carers' Views of the Thermal Comfort Requirements of People with Physical Disabilities. *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting*, 44 (28), 716 - 719.
- INSTITUTO ARGENTINO DE NORMALIZACIÓN Y CERTIFICACIÓN. (2002). IRAM 11601. Aislamiento térmico de edificios. Métodos de cálculo. Propiedades térmicas de los componentes y elementos de construcción en régimen estacionario.
- INSTITUTO ARGENTINO DE NORMALIZACIÓN Y CERTIFICACIÓN. (2012). IRAM 11603. Acondicionamiento térmico de edificios. Clasificación bioambiental de la República Argentina.
- INSTITUTO ARGENTINO DE NORMALIZACION Y CERTIFICACIÓN. (1996). IRAM 11605 - Acondicionamiento Termico en Edificios.
- IPCC. (2014). *Climate Change 2014. Synthesis Report*.
- James, W. P., & Tatton-Brown, W. (1986). *Hospitals: Design and development*. London: Architectural Press.
- Lenzuni, P., Freda, D., & Del Gaudio, M. (2009). Classification of thermal environments for comfort assessment. *Annals of Occupational Hygiene*, 325-332.
- Parsons, K. (2002). The effects of gender, acclimation state, the opportunity to adjust clothing and physical disability on requirements for thermal comfort. *Energy and Buildings*, 593-599.
- Pérez-Lombard, L., Ortiz, J. and Pout, C. (2008). A Review on Buildings Energy Consumption Information. *Energy and Buildings*, 40, pp. 394-398.